Elagage et éclaircie thermiques en DFCI

Mécanismes, indications, modes d'emploi, incidences

par François BINGGELI *

Avant-propos

La chaleur du feu au service de la *«Défense des forêts contre l'incendie»* (DFCI) ! La maîtrise de cette résultante particulière du brûlage dirigé est issue d'une double approche. Il y a d'une part l'expérience acquise dans le quotidien de la pratique du brûlage dirigé ainsi que dans la mise en œuvre de petits tests informels de comportement du feu sur les arbres. Il y a d'autre part une confrontation au niveau scientifique, tout particulièrement avec l'équipe «Prévention des incendies de forêt» de l'INRA (Institut national de la recherche agronomique) d'Avignon.

Ce thème de travail s'inscrit comme axe de réflexion dès l'une des premières visites effectuées dans une forêt publique du Minho portugais au début des années 80. Suite au brûlage réussi d'un pare-feu comportant une poche de régénération en pin maritime, José MOREIRA DA SILVA constate que le «feu contrôlé» peut conduire à une sélection positive en supprimant les arbres les plus faibles ou ceux qui sont dominés, un peu comme l'aurait fait un forestier.

En 1989, à Ramatuelle sur le littoral du Massif des Maures, un premier test de sélection par brûlage dirigé est réalisé avec succès dans une petite régénération naturelle de pins pignons chétifs : 0,5 à 2 m de hauteur avec des diamètres au collet de 0,5 à 2 cm. Au printemps 1990, 10 ans après un incendie, un autre test est mené en partie haute du Massif, au lieu-dit La Court sur la Commune de La Garde-Freinet, dans une petite tache de pin maritime de 2 m de haut en moyenne. La phase d'application se met ensuite progressivement en route, principalement dans le nettoyage des taillis de châtaigniers (BINGGELI, 1994), pour s'étendre plus récemment aux pinèdes.

Mais paradoxalement, c'est l'élagage thermique qui est d'abord mis en œuvre dans la gestion courante par brûlage dirigé, prioritairement sur les feuillus, dont une forte proportion de châtaigniers (BINGGELI, 1991). L'idée de départ est issue des erreurs de jeunesse commises en première année dans la conduite du feu sous des peuplements dont on connaissait mal le comportement au brûlage : souvent les branches basses, avec parfois une proportion non négligeable du houppier, quand ce n'est pas sa totalité, ont alors été roussies. L'analyse critique de ces petits échecs a permis une double avancée :

- arriver à maîtriser la production de chaleur du brûlage dirigé avec un dosage permanent de l'énergie dirigée sur l'arbre ;

- constater après quelques mois de frayeur que dans un certain nombre de cas ce qui apparaissait comme des dommages répréhensibles devient finalement un atout pour la DFCI ! Ce fut notamment le cas aux Brugassières sur la Commune du Plan-de-la-Tour en mai 1992 : le jaunissement coupable bien visible d'un avion de ligne à 5 000 m d'altitude, apparaissaient l'hiver suivant comme une superbe opération de relevé de couvert ...

N'étant plus subis, ni «honteux», certains coups de chaud sur les arbres peuvent dès lors être prescrits pour obtenir de façon relativement ciblée une action bénéfique sur les arbres des forêts soumises au risque d'incendie. C'est l'objet de cet article qui n'a d'autre ambition que d'être le témoignage d'une expérience accumulée pendant huit ans, principalement dans les Maures (BINGGELI, 1997) et plus ponctuellement dans l'Aude, en Ariège et en Corse.

Pour l'approche strictement scientifique, il convient d'attendre la fin des travaux engagés en 1995 avec l'INRA

* Ingénieur horticole, attaché de recherche
Espaces méditerranéens Les Bayles
83670 Fox-Amphoux

au Camp de la Suyère à la Garde-Freinet (Rigolot, 1997), dans des peuplements de pin maritime voisins de ceux de la Court et issus du même incendie pour disposer de résultats quantifiés dans la durée.

Dépressage ou éclaircie ?

L'une et l'autre de ces interventions consistent à couper des arbres en surnombre. Mais le forestier leur a affecté à chacune une tranche de vie dans le développement d'un peuplement en devenir. Le Larousse agricole les distinguent ainsi :

Dépressage : *«Opération sylvicole qui consiste à éliminer, sur une parcelle couverte de jeunes plants, un certain nombre de ceux-ci pour favoriser la croissance de ceux qui restent en place.»*

Eclaircie : *«Opération sylvicole ayant pour objet d'éliminer les arbres de futaie d'un diamètre supérieur à 8 cm, médiocres ou dépérissants (qui ne donneront jamais du bois de valeur), de stimuler la croissance des arbres d'avenir, d'éviter le développement des maladies dans les peuplements trop serrés, de diminuer les risques de dégâts par le vent et d'améliorer la vie biologique du sol (en augmentant la luminosité).»*

Le dépressage est souvent considéré comme une opération à fond perdu alors que l'éclaircie peut s'autofinancer par le bois qu'en retire l'exploitant.

Dans le monde de la DFCI où les acteurs non forestiers sont légions, l'élimination d'arbres sur ouvrages DFCI est communément appelée éclaircie, qu'il y aie ou non vente de bois. Très explicite, le terme *«éclaircie»* désigne communément toute ouverture du couvert destinée à mettre à distance les houppiers afin d'empêcher la propagation du feu par les cimes, sans se préoccuper de la valeur marchande des sujets abattus. Raison pour laquelle ce terme est ici préféré à celui - peut-être plus judicieux - de *«dépressage»*.

L'élagage, le dépressage et l'éclaircie sylvicoles

En sylviculture de production, deux opérations routinières de gestion et d'amélioration sont menées pendant la maturation des peuplements :

- l'élagage des branches basses à 2 m pour la pénétration en sous-bois, puis à 4 ou 6 m sur les arbres d'avenir pour réduire la présence de nœuds dans la future grume de sciage ;

- le dépressage des jeunes arbres en surnombre dans les plantations et régénérations naturelles, puis l'éclaircie des premiers arbres de rapport par élimination des sujets dominés ou malformés.

Elagage, dépressage et éclaircie sont dans ce cas des moyens mis en œuvre pour améliorer quantitativement et qualitativement la production ligneuse.

L'élagage et l'éclaircie DFCI

En gestion forestière de stricte *«Défense des forêts contre l'incendie»*, ces opérations ont un tout autre objectif, en particulier dans nombre de peuplements littoraux français à croissance lente et sans réels enjeux économiques directs. En effet, il s'agit alors avant tout de briser la progression d'un probable incendie en supprimant des maillons dans la chaîne du combustible.

Dans cette perspective, **l'élagage** a alors une double fonction : d'abord permettre la progression du personnel et plus encore celle des machines pour éliminer la broussaille ; ensuite interrompre la continuité des étages inférieurs de branches. Ainsi, de même que l'on élimine la litière morte, les herbacées et les broussailles, on supprime quelques barreaux supplémentaires à l'échelle de combustible qui se dresse entre l'humus et la cime des arbres et que gravira le feu en conditions sévères.

La hauteur de 2 m retenue pour l'élagage DFCI apparaît, à l'usage, être avant tout un compromis tech-



Photo 1 : Elagage sur 2-3 m dans un peuplement de pin maritime (Camp de la Suyère), le brûlage a été effectué il y a 2 ans, les pins morts sont couchés après l'opération. Photo D.A.

nico-économique : c'est tout à la fois la hauteur moyenne optimale de travail à la scie ou à la tronçonneuse pour un homme à pied, un résultat satisfaisant pour le passage ultérieur des engins d'entretien entre les arbres et un rendu esthétique apprécié des socioprofessionnels, des financeurs et du public.

L'éclaircie DFCI a quant à elle d'abord pour fonction commune de faciliter la mécanisation du débroussaillement. Par ailleurs et comme c'est souvent le cas, l'éclaircie sur coupure de combustible est avant tout le moyen de mettre les houppiers à distance les uns des autres. En cas d'incendie, on cherche ainsi à interrompre la propagation horizontale du feu de cime en cime et ainsi de contenir les flammes au sol selon une formule judicieuse *«couper des arbres pour couper le feu»* (GUITON & GROGNOU, 1995).

En dehors des contraintes de pénétration, l'élagage et l'éclaircie DFCI ont donc pour mission déclarée de briser les progressions respectivement verticale et horizontale des flammes, en supprimant branches basses et sujets en surnombre.



Photo 2 : Mise en évidence du rayonnement thermique sur chêne-liège lors du brûlage d'un andain en plein hiver à + 2°C : évaporation de l'eau du liège, distillation de gaz combustible et autoinflammation des branches du houppier.
Photo F.B.

L'élagage et l'éclaircie DFCI par le feu

Après incendie, la vision des charpentes d'arbres calcinés indique que seules les feuilles, les aiguilles et les brindilles ont alimenté le feu. Chargées en essences volatiles et disposant d'une grande surface de contact offerte aux flammes, feuilles et aiguilles constituent en fait le danger principal. Nous avons d'ailleurs vérifier la pertinence de cette analyse à l'occasion de mises à feu, expérimentales, volontairement dynamiques sous pin pignon, pin maritime, chêne vert et chêne-liège.

Pour effectuer un efficace élagage et une réelle éclaircie DFCI, point n'est donc besoin de recourir à la scie et à la tronçonneuse : la défoliation définitive des organes foliaires concernés suffit ! A défaut d'abondante main d'œuvre pour traiter des forêts peu productives ou pour gérer de vastes espaces, cette défoliation peut très bien être obtenue par utilisation des flux thermiques d'un brûlage spécifiquement prescrit et opportunément dirigé.

Comment en est-on arrivé là ? Dès les premiers brûlages réalisés sous peuplements forestiers, en particulier dans le Massif des Maures (BINGGELI, 1994), l'analyse systématique de l'impact du feu sur les différents ligneux présents, arbres comme arbustes, permet de préciser dans le détail les mécanismes d'échauffement des différents tissus et organes.

En premier lieu, il convient d'isoler les différents modes d'action du feu sur le végétal :

1° le **contact** - relativement bref - des flammes sur la base du tronc quand le front de feu y passe : celles-ci lèchent l'écorce sans l'embraser, mais l'échauffent ;

2° le **rayonnement** de la flamme et des charbons de bois incandescents qui jonchent le sol après combustion des bois morts, des pignes et du broyât de ligneux : cette émission de chaleur par radiation agit comme dans un barbecue en chauffant bois et feuillage à distance et sur une durée relativement longue ;

3° la circulation sur le feuillage des gaz chauds et des vapeurs d'eau de combustion qui constituent la colonne de **convection** des fumées ;

4° **l'embrasement** total du végétal avec combustion du feuillage et des parties ligneuses d'un diamètre de 1 à 5 mm, 1 cm au maximum. Feuilles et aiguilles sont d'abord portées à haute température sous l'effet cumulé du rayonnement des flammes voisines et du panache de fumées chaudes. En se desséchant, puis en se distillant, elles produisent des gaz combustibles qui brûlent aussitôt et propagent ainsi le feu de part en part.

L'effet Pasteur appliqué aux ligneux

Hormis ce dernier cas par inflammation du houppier, il n'y a pas combustion de l'arbre dans les autres mécanismes rencontrés. Ce n'est alors pas le feu en lui-même qui est - selon les cas - dangereux ou inoffensif pour le végétal, mais bien une donnée biologique universelle : le seuil létal par

Le visage, thermomètre de l'énergéticien forestier (1)

La peau du visage est vite apparue comme le meilleur indicateur - pour ne pas dire instrument - pour réguler la puissance calorifique du feu. En voici le mode d'emploi.

Lorsque j'ai de la peine à rester face à une source de chaleur, a fortiori quand je ressens une impression de brûlure sur la peau, que je tourne la tête ou que j'ai envie de mettre ma cagoule protectrice, c'est que j'approche du seuil létal, avec un risque de brûlure au premier degré ! Je peux alors estimer que tout organe foliaire placé à la même distance, en exposition directe, est sur le point d'être dévitalisé.

Dans un tel cas de figure, un praticien expérimenté, pour atteindre ses objectifs, modifie le flux énergétique, en intervenant sur les différents paramètres à sa disposition :

- réduire ce flux, en ralentissant le feu, si les jaunissements ne sont pas désirés ;
- ou au contraire de «mettre les gaz» pour procéder à une défoliation partielle volontaire.

(1) N.D.L.R. Nous rappellons que chaque texte n'engage que la responsabilité de son auteur.

échauffement des cellules et tissus vivants.

Cette notion de mortalité par la chaleur s'applique à toute cellule vivante, qu'elle soit végétale, virale, bactérienne, animale et bien sûr humaine, soumise à un flux énergétique donné. Sauf cas particulier comme les micro-organismes vivants au niveau des sources thermales océaniques, ce seuil se situe généralement aux environs de 50 à 70°C, selon le temps d'exposition effectif de la cellule (ALEXANDRIAN & RIGOLOT, 1992).

Mis en évidence par Pasteur à la fin du XIXème siècle, ce principe quasi universel conditionne notre hygiène moderne, depuis la pasteurisation des aliments jusqu'au chauffage des produits sanguins. Des organismes unicellulaires ou des organes végétaux donnent parfois l'impression de mieux supporter la chaleur que d'autres. Cela provient en particulier de formes de résistance particulière qui sont liées soit à leur état physiologique (comme la déshydratation), soit à l'accumulation de protections extérieures (comme l'écorce et plus encore le liège qui constitue un écran entre les tissus vivants et le flux de chaleur). Mais une fois ces boucliers retirés, les cellules vivantes des organes ainsi soumises à la chaleur se trouvent vulnérables au seuil thermique commun.

Le seuil létal et ses applications forestières

Sur des herbes vertes, de jeunes feuilles et de petits rameaux non lignifiés, l'effet thermique est immédiat. Si, par exemple, le rayonnement du feu induit une chaleur de plus de 50 à 60°C à leur surface pendant plus d'une minute, ils sont - littéralement - cuits. Au printemps, un jeune rameau de châtaignier ou de chêne pubescent flétrit aussitôt et prend une teinte marron dans l'heure qui suit. Le symptôme est quasi identique à l'effet d'un gel tardif sur ces mêmes organes ou à celui d'une feuille de salade laissée dans du vinaigre.

Lorsque des résineux et feuillus à feuillage persistant sont soumis à un important flux thermique, le jaunissement des aiguilles et des feuilles ne présage pas forcément de la mort du bourgeon terminal. Dans bien des cas, ce dernier se trouve protégé du rayonnement ou de la colonne de convection par ces mêmes aiguilles et feuilles, ainsi que par ses propres écailles. La branche qui ne subit alors qu'un échauffement modéré sous l'écorce va se comporter comme celle d'un ligneux à feuilles caduques et reverdir aux premières pluies ou, selon la saison, au printemps suivant.

Pour le bois des rameaux, des branches et du tronc, le processus est plus lent, car les cellules mortes et sèches de l'écorce constituent une barrière que le flux énergétique doit franchir avant d'atteindre les cellules de reproduction du cambium. Cette inertie est globalement fonction de l'épaisseur de l'écorce avec deux paramètres fondamentaux : l'espèce et l'âge de l'arbre (RIGOLOT, 1992).

L'espèce et le stade de croissance

A âge identique (ou plus précisément à stade de développement comparable), les essences à écorce fine comme le chêne vert, le châtaignier, l'arbousier ou encore le cèdre et le Douglas sont beaucoup plus sensibles que les espèces bien enveloppées comme les pins, le chêne pubescent et surtout le chêne-liège, champion du genre.

Selon le même mécanisme, un jeune arbre échauffé à sa base franchit le seuil létal bien plus vite que ses semenciers voisins qui ont capitalisé de l'écorce. Et sur un même sujet, le tronc plus âgé et épais peut aisément résister à un coup de chaud généralisé, contrairement à ses branches et à son houppier. Ainsi voit-on des feuillus - chêne-liège en tête - et même des résineux - comme le pin des Canaries - reverdir sur leur tronc alors que leur houppier reste à l'état de charpente calcinée.

Découlant de l'espèce et de l'âge, deux facteurs complémentaires interviennent également. D'abord la tex-

ture et la structure interne de l'écorce : les qualités d'isolant thermique du liège, qui est de très faible densité et qui dispose d'un dense réseau microalvéolaire, sont mondialement connues. Ensuite la structure externe : l'écorce lisse juvénile commune à toute espèce finit presque systématiquement par se craqueler :

- jamais cependant pour certaines espèces dont l'écorce se détache au fur et à mesure : hêtre, platane, de nombreux eucalyptus.
- après plusieurs dizaines d'années pour le châtaignier, le chêne vert, le bouleau ou encore certains eucalyptus ;
- avant 10 ans pour les pins ;
- dès la première ou deuxième année pour le chêne-liège ;

Dès que tout le périmètre de l'écorce est craquelé, l'expérience accumulée sur près de 350 brûlages montre que le tronc ou la branche supporte bien mieux la chaleur transmise par contact, par rayonnement ou par convection (contact avec les fumées).

Trois arbres sous les feux de la chaleur

Le **pin maritime**. Dans une régénération de pin très dense, c'est le feu lui-même qui fait une sélection passive en «désignant» majoritairement les sujets chétifs de faibles diamètres qui vont céder leur place. Mais ce n'est pas une règle absolue.

Il arrive qu'une bruyère, bien conformée, détourne les aiguilles lors de leur chute naturelle. Elle peut ainsi éviter une accumulation de combustible au pied de tiges minces qui seront indemnes après passage du feu. A l'inverse, du bois morts peut être présent au pied d'arbres dominants qui seront alors blessés par une combustion trop longue.

Le **châtaignier.** Dans une châtaigneraie, le fait de remonter le couvert d'un ou deux mètres et surtout de dévitaliser des rejets en surnombre est un travail simple qui est vite devenue une opération de routine. Lors de l'éclaircie, on procède ici à une sélection active et ciblée des brins à conserver. Ces derniers sont tous détourés au râteau pour éliminer la litière à leur pied de sorte que, lors du passage du front de feu à la recule, les flammes ne les atteignent pas.

La **bruyère arborescente.** Comme l'indique son nom, il arrive que ce ligneux qui peut atteindre 4 ou 5 m soit intégré à la strate arborée, par la fonction qu'il occupe dans le maquis haut ou en sous-étage. Lorsque la litière forestière est mince ou, mieux encore, quand s'y développe un tapis clair de graminées, il est tout-à-fait possible d'y passer le feu à moindre frais : on peut en effet conserver le couvert sans protéger les collets pourtant extrêmement sensibles, tout en procédant à un élagage thermique. Il convient toutefois d'y conduire un feu très ... «froid», avec beaucoup de doigté.

Le climat et la réactivité biologique

La saison et donc le contexte climatique interviennent également. Plus l'arbre est froid, plus il est à même d'absorber d'énergie avant d'atteindre le seuil critique. Plus l'air est froid et humide, plus ce dernier va, lui aussi, prélever des calories entre le foyer et l'écorce.

Les travaux portugais ont aussi montré l'importance de l'état physiologique : un arbre en repos de végétation supporte bien mieux le feu, alors que les sujets fragiles ou en limites écologiques peuvent être l'objet d'attaques parasitaires après certains brûlages réalisés en période de montée de sève (MOREIRA DA SILVA, 1997)[2].

Dans ce dernier cas, la sève gorgée d'eau doit certainement agir comme un pont thermique, un peu comme un



Photo 3 : deux ans après un brûlage dans une parcelle de châtaignier (Camp de la Suyère - 83). Photo D.A.

2 Voir article p. 299

gant de cuisine pour sortir un plat du four : il protège la peau de la chaleur s'il est sec, mais brûle la main une fois qu'il a pris l'eau. En outre, à quantité d'énergie reçue identique, le choc thermique subi par le végétal en sève doit probablement amplifier son stress physiologique, tout comme le fait une sécheresse ou une inondation prolongée.

Par contre, il n'a pas encore pu être pratiqué de brûlages sylvicoles en montagne ou par un hiver rigoureux, avec des températures permanentes basses, de - 5 à - 15 °C, sur plusieurs jours. A l'occasion d'une telle configuration météorologique, il serait intéressant de procéder à des brûlages de référence sur des arbres jeunes pour répondre à une interrogation : l'échauffement brutal du cambium se trouvant à une température négative provoque-t-il lui aussi un stress ou des dégâts au niveau cellulaire?

En effet en arboriculture, notamment sur les oliviers, on craint surtout, en plein hiver, l'alternance quotidienne de nuits fortement gélives par temps clair et de journées ensoleillées, en particulier sur les versants sud bien

Sylviculture des jeunes peuplements résineux par brûlage dirigé

Perspectives

En matière d'élagage et de dépressage thermiques, des perspectives sylvicoles se dessinent à partir de l'expérience acquise en DFCI. Mais cette approche ne peut se concevoir que dans une logique extensive, probablement en complémentarité avec d'autres techniques. Encore très partielles, les réflexions qui suivent concernent avant tout les jeunes régénérations de pin issues d'incendies.

Voyons d'abord les bénéfices spécifiques qu'apportent aux arbres conservés chaque type de dépressage et d'éclaircie :

- Un dépressage et une **éclaircie sylvicole** visent à réduire le nombre de tiges. Les arbres d'avenir étant moins nombreux, mais le réservoir hydrique et minéral étant identique, chaque individu bénéficie d'une ration supérieure. Mieux éclairé, chacun peut faire tourner son «usine à carbone» de façon plus performante.

- Dans le cas d'une **éclaircie DFCI** classique, l'opération est généralement associée à un débroussaillement. Les arbres conservés renforcent alors leurs possibilités alimentaires, puisqu'ils sont débarrassés de la concurrence arbustive. Ceci est particulièrement sensible dans les régions méditerranéennes où le facteur limitant qu'est la sécheresse se cumule souvent avec celui de sols pauvres (Benoit De Coignac & Binggeli, 1982).

- Lors d'une **éclaircie thermique** par brûlage dirigé, les arbres d'avenir cumule les bénéfices précédents et en ajoute un troisième : la combustion de la litière superficielle accélère le recyclage des minéraux et augmente encore la disponibilité immédiate en fertilisants.

Mais contrairement aux éclaircies sylvicoles et DFCI, l'éclaircie thermique est un phénomène complexe qui se réalise bien au delà du jour d'intervention, en s'exprimant de différentes manières! Par observations et déductions, nous voyons ainsi qu'il n'est probablement pas indispensable d'aller jusqu'à la mortalité immédiate de tous les sujets en surnombre pour atteindre un résultat satisfaisant dans une jeune pinède équienne et homogène de 15 - 20 ans. Tout dépend de la dose de chaleur reçue sous l'écorce et/ou sur le feuillage lors du brûlage dirigé :

- La **mortalité immédiate**. Les sujets qui meurent juste après brûlage ou dans les mois suivants sont ceux dont le houppier s'embrase et, plus fréquemment, ceux dont le collet est fortement chauffé, ce qui est en particulier le cas des petits diamètres.

- La **mortalité différée**. D'autres brins, moins atteints, ne survivent finalement pas au choc thermique global et dépérissent dans les 2 ou 3 ans qui suivent (Rigolot & Duhoux, 1993).

- L'**annelation thermique** partielle. Une autre catégorie de pins subit des échauffements localisés sur le tronc. La moitié, voire les deux tiers, de la circonférence subit une annelation des vaisseaux : l'arbre continue à vivre, mais au ralenti, puisque les flux de sève sont réduits. A noter que certains sujets se cicatrisent vite en créant un bourrelet à nouveau actif pour véhiculer la sève.

- L'**élagage thermique**. Un quatrième groupe est constitué par les sujets soumis à un fort élagage ther-



Photo 4 : Site du Camp de la Suyère : pinède de 17 ans traitée en ouverture par élagage et éclaircie thermique
Photo F.B.

mique, ne laissant parfois qu'un ou deux verticilles verts après une saison de végétation : la capacité de l'arbre à assimiler le carbone est fortement réduite. Cela va se ressentir sur sa croissance en hauteur et en diamètre.

- L'**autorésistance au feu.** Légèrement dominants, disposant d'un tronc déjà épais, peu soumis au feu, oublié par les flammes ou tout simplement «chanceux», un certain nombre de pins ne connaît aucune incidence significative au niveau du collet et ne bénéficie, en proportion à leur houppier vert, que d'un faible élagage thermique : ces arbres conservent toute leur capacité à véhiculer la sève et disposent d'un bon potentiel photosynthétique.

Sous réserve de vérifier dans la durée ce qui apparaît comme une hypothèse plausible, il faut probablement compter assez vite sur une dynamique discriminatoire entre ces trois derniers groupes d'arbres encore en sève qui, après brûlage, s'engagent dans une course de fond. Avec un handicap pour les sujets soumis à l'annelation partielle et/ou à l'élagage thermiques. En favoris pour les arbres ayant passé sans peine l'épreuve du feu.

Blessés, les uns peinent et sont majoritairement freinés dans leur élan. Bien portants, les autres au contraire sont dans les meilleures conditions pour mobiliser l'eau de pluie, les minéraux du sol et les fertilisants contenus dans la cendre. Ainsi dopés dans leur développement, ces derniers vont assez vite distancer la concurrence d'une ou plusieurs «têtes». Ils font alors de l'ombre aux concurrents dominés, en confisquant la lumière à leur seul profit.

Selon l'hypothèse la plus probable, ce double mouvement de décélération et d'accélération de la croissance va s'amplifier, avec un écart de plus en plus décisif entre les sujets vigoureux et les tiges affaiblies.

En outre, par rapport à une intervention classique mécanique ou chimique, on peut se demander si le dépressage par brûlage n'accélère pas plus encore le phénomène de dominance chez certains individus. Mais il ne s'agirait là que d'un gain secondaire dans la globalité de l'opération.

Une fois le bilan de mortalité stabilisé, le forestier pourra reprendre le flambeau et par exemple, s'il désire obtenir des résultats plus fins, travailler à la tronçonneuse lors des éclaircies suivantes. Si sa préoccupation est de produire du bois d'œuvre, il mettra à profit ces coupes sélectives pour abattre certains arbres qui, bien que vigoureux, portent les cicatrices d'une annelation thermique partielle.

Les travaux tant scientifiques que de gestion en cours dans de jeunes pinèdes du Massif des Maures permettront d'ici 3 - 4 ans d'étoffer cette hypothèse et de disposer des données chiffrées sur les potentialités et modalités du dépressage thermique, à vocation tant DFCI que sylvicole. Mais il faudra toujours compter sur une part de hasard dans les interactions entre les multiples paramètres impliqués et laisser une marge de liberté au petit feu quand il désigne les arbres qui devront céder leur place.

Eclaircie et élagage thermiques DFCI sous les feux de la Loi

Le Code forestier français a été élaboré pour assurer la conservation du patrimoine forestier. Il cherche en particulier à canaliser les effets négatifs du feu et plus généralement toute atteinte aux arbres. Essayons de voir comment les nouveaux outils que sont l'éclaircie et l'élagage thermique peuvent être développés au regard de la Loi.

Un article - déjà ancien - concerne la mutilation des arbres :

- Art. L. 331-4 «Ceux qui, dans les bois et forêts, ont éhoupé, écorcé ou mutilé des arbres, ou qui en ont coupé les principales branches sont punis comme s'ils les avaient abattus par le pied.»

La peine encourue est donc celle appliquée lors d'abattage non autorisés selon l'Art. L. 331-2 qui précise que *«La coupe ou l'enlèvement d'arbres ayant 20 centimètres de tour et au-dessus est puni d'une amende de 6 000 F à 60 000 F. La circonférence est mesurée à 1,30 m du sol.»*

Cependant, avec la nouvelle loi du 6 juillet 1993, le Code forestier offre des ouvertures plus sereines :

- Art. L. 321-5-3 *«Pour l'application du présent titre, on entend par débroussaillement la destruction par tous moyens des broussailles et morts-bois et, si leur maintien en état est de nature à favoriser la propagation des incendies, la suppression des végétaux et sujets d'essences forestières ou autres lorsqu'ils présentent un caractère dominé, dépérissant ou une densité excessive de peuplement, ainsi que l'élagage des sujets conservés.»*

Cet article permet d'accepter, par le feu comme par la tronçonneuse, une *«mutilation»* volontaire d'arbres et arbustes, si elle est prescrite dans un cadre de DFCI. La dévitalisation des sujets *«dominés, dépérissants ou en densité excessive»* ouvrent donc des perspectives en matière d'éclaircie thermique. L'élagage thermique trouve donc lui aussi sa place. Et plus généralement le fait de laisser après brûlage des chicots ou des charpentes ne devrait pas poser de problème, puisqu'a priori ils ne sont *«pas de nature à laisser se propager l'incendie.»* Mais la Loi ne permet pas actuellement d'envisager en France les applications sylvicoles de ces outils.

exposés. Les dégâts proviennent alors moins de la température minimale atteinte que de la succession de cycles «gel nocturne - dégel diurne» par rayonnement infrarouge. Exposée au soleil, la partie aérienne et notamment les feuilles persistantes de ces arbres se réchauffent le jour. Leur évapotranspiration redémarre alors que le sol gelé ne peut alimenter leurs racines en eau, d'où un stress hydrique mortel.

Dans l'attente de meilleures connaissances sur la physiologie des tissus, il convient donc d'agir avec retenue par grand froid dans des peuplements remarquables, rentables ou tout simplement sensibles (jeunes arbres, écorces fines, ...).

Mise en œuvre et limites de la méthode

Attention aux mirages ! L'utilisation du brûlage dirigé doit être relativisée en matière d'élagage et d'éclaircie thermique. Selon les objectifs et les peuplements concernés (voir l'encadré «Trois arbres sous les feux de la chaleur»), elle nécessite des procédures et des modalités de mise en œuvre très variées. De plus, elle ne peut s'inscrire que dans la durée.

Quelque soit le contexte d'intervention, toutes les branches et les sujets dévitalisés restent physiquement présents. Ils finissent par tomber et par se retrouver dans l'étage arbustif, comme après l'intervention d'une tronçonneuse. Pour obtenir rapidement une excellente qualité DFCI, il faut donc éliminer ces bois morts d'éclaircie par broyage ou ... par brûlage ultérieur.

Une telle intervention complémentaire se conçoit par exemple dans le cas particulier des jeunes pinèdes où la densité peut atteindre 30 à 50 000 tiges/ha, voire plus. Si le gestionnaire en a les moyens, le brûlage y permet d'initier et de faciliter le travail manuel. Car cette opération offre ensuite une bonne visibilité dans la parcelle, favorise grandement la pénétration du personnel et sécurise parfaitement les incinérations en tas des bois morts, car le sol et le peuplement sont peu combustibles.

Mais quand on n'a pas de moyens financiers suffisants, que les surfaces à traiter sont très importantes (comme dans les Serra d'Estrela et de Louzã au Portugal) ou que certaines parcelles sont peu accessibles (Corse), l'idée est d'envisager une succession de brûlages sur plusieurs années avant d'atteindre le résultat escompté : un premier brûlage d'ouverture désigne les sujets qui vont sécher. Le vent les couche progressivement vers le sol. Ils seront consommés «à petit feu» à l'occasion des prochains brûlages qui ont comme mission première de recommencer cycliquement le nettoyage de la litière brute constamment réalimentée et de dévitaliser les repousses arbustives.

Cependant, les comparaisons ne sont pas aisées : un brûlage dirigé qui induit un dépressage thermique produit des charpentes mortes, mais résorbe les autres combustibles, ce que ne fait pas le bûcheron qui, n'enlevant que les gros bois, laisse à la forêt tout le combustible facilement mobilisable par un éventuel incendie.

Elagage, dépressage et éclaircie thermiques DFCI ne sont donc pas une finalité, mais un moyen parmi d'autres - et avec d'autres - pour réduire à bon prix la vulnérabilité de peuplements extrêmement sensibles à l'incendie.

F.B.

Bibliographie

ALEXANDRIAN D. & RIGOLOT E. - Sensibilité du pin d'Alep à l'incendie. Forêt Méditerranéenne, 1992, t. XIII, n° 3, pp 185 à 198.

BENOIT DE COIGNAC G. & BINGGELI F. - Conservation et reconstitution des forêts méditerranéennes. Forêt Méditerranéenne, 1982, t. IV, n° 2, pp 108 à 142.

BINGGELI F. - Expérimentation sur le brûlage dirigé dans le Massif des Maures. Rapport d'activité. SIVOM du Pays des Maures et du Golfe de St-Tropez. Décembre 1991.

BINGGELI F. - Programme de brûlage dirigé dans le Massif des Maures. Période 1992-1994. Rapport de synthèse. SIVOM du Pays des Maures et du Golfe de St-Tropez. 1994. 24 p.

BINGGELI F. - La gestion énergétique par brûlage dirigé du risque d'incendie dans les peuplements forestiers du massif des Maures. Séminaire de la Délégation à la Protection de la Forêt Méditerranéenne, 10-11 mai 1994, 10 p.

BINGGELI F. - 10 ans de brûlage dirigé dans les forêts du Massif des Maures. Forêt Méditerranéenne, t. XVIII, n° 4, octobre 1997.

GUITON J.-L. & GROGNOU A. - Couper des arbres pour couper le feu. ONF. 1995, 2 p.

LAROUSSE AGRICOLE. Librairie Larousse. 1981.

MOREIRA DA SILVA J. - Historique des feux contrôlés au Portugal. Forêt Méditerranéenne, t. XVIII, n° 4, octobre 1997.

RIGOLOT E. - Diagnostic précoce de la survie du pin d'Alep et du pin pignon après incendie. INRA, mai 1992, pp 119 à 126.

RIGOLOT E. & DUHOUX F. - Modèles prédictifs de la survie des arbres après le passage du feu. Information DFCI n° 30, décembre 1993, pp 1 à 5.

RIGOLOT E. - Expérimentation INRA du Camp de la Suyère. INRA, février 1997, 3 p.

Autorésistance des arbres au feu et protection rapprochée des Massifs forestiers remarquables

La maîtrise du feu comme outil DFCI ouvre de nouvelles perspectives pour anticiper le passage d'un éventuel, voire probable incendie dans des sites forestiers à haute valeur patrimoniale. Un article en préparation en précisera la philosophie, les principes et les modalités de mise en œuvre.

Résumé

Dans une politique de prévention des incendies de forêt, il est possible d'utiliser la chaleur produite par un brûlage spécifiquement dirigé pour procéder à des élagages, des dépressages et des éclaircies qualifiés de «thermiques».

Ces techniques ont été mises au point en croisant l'expérience de terrain dans le Massif des Maures et une conceptualisation des mécanismes en jeu avec l'INRA d'Avignon.

Alors que ces trois opérations consistent en sylviculture de production à couper branches et sujets indésirables, elles ont des finalités bien différentes en DFCI : il s'agit alors de restructurer le milieu forestier en y créant des ruptures de combustible verticales par élagage des branches basses et horizontales par éclaircie pour une mise à distance des houppiers.

Toutefois, pour briser la dynamique du feu, il n'est pas indispensable de retirer le bois qui ne contribue que faiblement à la propagation de l'incendie. Il peut être suffisant de contrôler le développement des organes foliaires.

En atteignant de façon ciblée le seuil de température létale des tissus ligneux, il est possible d'agir directement ou indirectement sur la masse foliaire : par contact de la flamme sur l'écorce avec échauffement recherché du cambium; par rayonnement sur l'écorce et le feuillage; ou encore par circulation des gaz chauds sur le feuillage.

Selon son mode de prescription et sa mise en œuvre, un «effet Pasteur» appliqué aux ligneux permet une défoliation partielle de la base du houppier ou une dévitalisation de toute la partie aérienne.

La réceptivité de l'arbre aux flux thermiques est fonction de l'espèce et de l'âge - en particulier du fait de l'épaisseur de l'écorce - ainsi que de la saison et des conditions climatiques.

Pour les essences à écorces épaisses comme les pins, le feu permet une sélection spontanée des brins de petit diamètre. Pour les arbres à écorce fine comme le châtaignier, il convient de procéder à une sélection active en désignant les sujets à conserver de façon à protéger leur collet.

Il convient d'appréhender les nouveaux outils que sont l'élagage, le dépressage et l'éclaircie thermiques à objectif DFCI sans enthousiasme excessif : ils concernent avant tout les forêts jusque là laissées à elles-mêmes. Cette intervention peu onéreuse, car extensive, doit souvent s'inscrire dans la durée avec des interventions répétées pour atteindre un optimum d'efficacité.

Summary

Lopping and thinning against wildfire

In preventive strategy against forest wildfire, it is possible to make use of the heat generated by controlled burning as a means for «thermal» lopping, grubbing and thinning.

Such techniques have arisen as a sort of cross between practical experience in the Maures mountains (Provence, France) and a conceptualisation of the mechanisms involved by the INRA research unit in Avignon.

Whereas these three operations, when carried out in productive silviculture, seek to eliminate undesirable branches or trees, their object in the fight against wildfire is different : here, the aim is to reshape forest conditions and so put the canopy out of reach of ground fire by the creation of vertical breaks above ground level growth by removing inflammable, low, horizontal branches.

Yet, in order to hamper the spread of a wildfire, it is not really necessary to eliminate woody growth which, in fact, makes little contribution to continued burning. Limiting leaf growth should suffice.

By carefully directing heat to reach an intensity lethal for woody growth, direct or indirect effects can be had on the mass of the canopy. Directing flames at the bark will result in heat damage to the cambium ; heat rays will affect the bark and leaves ; circulating hot gases through the leaves will entail damage.

According to its prescribed form and the way it is carried out, a «Pasteur effect» applied to woody plants will result in partial defoliation at the base or devitalisation of the whole canopy.

The sensitivity of a tree to the presence of heat depends on the species and its age - especially on the thickness of the bark - as well as on the time of year and the weather conditions.

For thick-barked species such as pines, fire leads to a spontaneous elimination of the smallest twigs. For species with thinner bark, such as the sweet chestnut, it is necessary to proactively designate the saplings to be kept and then to protect them at ground level.

Beware of excesssive enthusiasm in adopting these new fire prevention techniques of «thermal» lopping, grubbing and thinning : they are mainly useful in woodland that has been largely left to itself. To obtain the best effect with tthe type of intervention described here - an extensive technique and thus not costly - repeated action is often required over quite a period of time.

Resumo

Desrama e desbaste térmicos na DFCI (Defesa Contra Incêndios)

Numa política de prevenção dos incêndios na floresta, é possível utilizar o calor produzido por uma queimada especificamente dirigida para proceder a desramas e desbastes qualificados como térmicos.

Estas técnicas foram conseguidas pelo cruzamento da experiência no terreno no «Massif des Maures» e uma conceptualização dos mecanismos em jogo com o INRA de Avinhão. Em quanto estas duas operações consistem em silvicultura de produção no corte de ramos e indivíduos indesejáveis, ela têm no entanto finalidades bem diferentes na DFCI : trata-se de reestruturar o meio florestal criando descontinuidade do combustível, vertical pela desrama dos ramos baixos, e horizontal pelo desbaste aumentando a distância das copas.

Entretanto, para quebrar a dinâmica do fogo não é indispensável retirar os ramos que duma forma pouco importante contribuem para a propagação do incêndio. Pode ser suficiente controlar o desenvolvimento dos orgãos foliares.

Atingindo o alvo do patamar de temperatura letal dos tecidos lenhosos é possivel intervir directa ou indirectamente sobre a massa foliar : por contacto da chama sobre a casca com o aquecimento desejado do câmbio ; por irradiação sobre a casca e a folhagem ; ou ainda pela circulação dos gazes quentes sobre a folhagem.

Conforme o modelo aconselhado e a sua implementação, um «efeito Pasteur» aplicado aos lenhos, permite uma desfolha parcial na base das copas ou uma perda de vitalidade de toda a parte aérea.

A receptibilidade da árvore aos fluxos térmicos é função da espécie e da idade - em particular devido a espessura da casca - assim como a época do ano e as condições climatéricas.

Para as essências de casca espessa com os pinheiros, o fogo permite uma selecção espontânea dos pequenos ramos menos espessos. Para as árvores de casca fina como o castanheiro, é conveniente proceder a uma selecção prévia elegendo os indivíduos a conservar protegendo-lhes o colo.

É conveniente assimilar estes processos de desrama e desbastes térmicos com o objectivo DFCI sem excessivo entusiasmo até porque trata-se de florestas deixadas, até agora, ao abandono. Esta intervenção muito barata, já que extensiva, deve, muitas vezes, efectuar-se em vários anos, com intervenções repetidas para atingir uma eficácia optima.